

3100099011066

TUGAS AKHIR

**STUDI PENERAPAN NEURAL NETWORK
DALAM PENGENDALIAN TAHAPAN PADA
SISTEM PERMESINAN KAPAL PAX 500**



RSSP
006.32
Agu
s-1
1998

| PERPUSTAKAAN ITS | |
|---------------------|---------|
| Tgl. Terima | 25-5-99 |
| Terima Dari | H |
| No. Agenda Prp. | 8553 |

Disusun oleh :

SUSANTO AGUSTINA
NRP. 4294 100 008

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1998**

STUDI PENERAPAN NEURAL NETWORK DALAM PENGENDALIAN TAHAPAN PADA SISTEM PERMESINAN KAPAL PAX 500

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana
pada
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui/Menyetujui
Dosen Pembimbing



DR. Ir. A.A. Masroeri, MEng.
NIP. 131 407 591

SURABAYA
Agustus, 1998



FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN - ITS
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

KAMPUS ITS KEPUTIH-SUKOLILO, SURABAYA 60111
TELP. 599 4754, 599 4251 s/d 55 PES 1102 FAX 599 4754

TUGAS AKHIR NE 1701

Nama : SUSANTO AGUSTINA
Nrp. : 4294 100 008
Dosen Pembimbing : DR. Ir. A.A.MASROERI, MEng.
Tanggal Tugas Diberikan : 22 JANUARI 1998
Tanggal Tugas Diselesaikan :
Judul Tugas Akhir : STUDI PENERAPAN NEURAL NETWORK DALAM
PENGENDALIAN TAHAPAN PADA SISTEM
PERMESINAN KAPAL PAX 500

Surabaya, 1 APRIL 1998

Dosen Pembimbing,

Mahasiswa,

Ketua Jurusan,

DR. Ir. A.A. MASROERI, MEng. SUSANTO AGUSTINA
NIP. 131 407 591 NRP. 4294 100008

DR. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng.
NIP. 131 407 591

Dibuat rangkap 4 (empat) untuk:

- Arsip Jurusan TSP.
- Dosen Pembimbing ybs.
- Mahasiswa ybs.
- Koordinator T.A. - TSP.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas berkat dan kasih karunia Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **Studi Penerapan Neural Network dalam Pengendalian Tahapan pada Sistem Permesinan Kapal PAX 500**. Selanjutnya tidak lupa penulis menyampaikan terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Bapak DR. Ir. A. A. Masroeri, MEng., selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, dosen wali dan dosen pembimbing tugas akhir ini, yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan kepada penulis.
2. Bapak Ir. Hari Prastowo, MSc., selaku koordinator tugas akhir.
3. Bapak-bapak dosen jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan pengetahuan selama penulis mengikuti stuidi di jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
4. Staf Diklat dan Dittek PT PAL Indonesia-Surabaya, yang telah memberikan data tugas akhir.
5. Ayah, ibu, kakak, dan keponakan, yang senantiasa membantu dengan doa, semangat dan dorongan untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Rekan-rekan mahasiswa jurusan Teknik Sistem Perkapalan atas kerja samanya.
7. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu demi satu.

Penulis menyadari keterbatasannya sebagai manusia dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu kritik dan saran membangun demi kesempurnaan penulis ini penulis harapkan.

Akhir kata penulis mohon maaf apabila dalam penulisan tugas akhir ini terdapat kesalahan.

Surabaya, Agustus 1998

Penulis

(Susanto Agustina)

EVERYTHING IS A NAME

(Ir. SUKARNO)

ABSTRAK

Neural Network (Jaringan Syaraf Tiruan) sebagai salah satu cabang dari kecerdasan buatan merupakan kajian yang menarik. Hal ini karena cara kerja neural network yang dibuat berdasarkan cara kerja jaringan syaraf otak manusia, sehingga neural network mempunyai kemampuan mengolah informasi yang masuk secara paralel, mempunyai kemampuan belajar (learning), dapat menerima input yang benar-benar baru dan mempunyai sifat fault tolerance.

Dalam tugas akhir ini akan dicoba untuk menerapkan neural network dalam mengendalikan tahapan pada sistem permesinan kapal PAX 500. Dari berbagai sistem pelayanan motor induk yang ada pada kapal PAX 500, akan diambil sistem bahan bakar sebagai contoh.

Sistem pengendalian terhadap sistem bahan bakar akan dilakukan dengan mengatur besarnya tekanan, temperatur dan viskositas bahan bakar. Ketiga parameter ini akan dijadikan sebagai input dari neural network (struktur jaringan multi layer perceptron dengan algoritma backpropagation). Sebelum dimasukkan kedalam jaringan, ketiga parameter ini akan dijadikan bilangan pecahan yang besarnya antara 0-1. Selanjutnya dengan kemampuan belajarnya (dengan mengubah -ubah besarnya weight), neural network akan mengatur sehingga besarnya tekanan, temperatur dan viskositas bahan bakar sesuai dengan yang diinginkan.

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|------------------------------------|---------|
| HALAMAN PERSETUJUAN | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| KATA MUTIARA | iv |
| ABSTRAK | v |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR NOTASI | ix |
| | |
| I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Pembatasan Masalah | 3 |
| 1.4. Tujuan Tugas Akhir | 3 |
| 1.5. Metodologi | 4 |
| 1.6. Manfaat Tugas Akhir | 4 |
| 1.7. Sistematika Tugas Akhir | 5 |
| | |
| II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1. Neural Network | 6 |
| 2.2. Model Syaraf Tiruan | 7 |
| 2.3. Multi Layer Perceptron | 8 |

| | |
|--|----|
| 2.4. Konsep Back Propagation | 9 |
| 2.5. Tahapan Sistem Permesinan Kapal | 12 |
| 2.6. Prinsip Dasar Pengukuran Listrik | 13 |
| III RANCANGAN NEURAL NETWORK UNTUK PENGENDALIAN TAHAPAN PADA SISTEM PERMESINAN KAPAL PAX 500 | 16 |
| 3.1. Rangkaian Peralatan Sistem Pengendalian | 16 |
| 3.2. Model Matematis Sistem Pengendalian | 17 |
| 3.3. Pengendalian Sistem Bahan Bakar dengan Neural Network | 24 |
| IV PENYUSUNAN PROGRAM NEURAL NETWORK UNTUK PENGENDALIAN TAHAPAN PADA SISTEM PERMESINAN KAPAL PAX 500 | 27 |
| 4.1. Diagram Alir Program Neural Network | 27 |
| 4.2. Program Neural Network | 29 |
| V KESIMPULAN DAN SARAN | 37 |
| 5.1. Kesimpulan | 37 |
| 5.2. Saran | 37 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| Nomor Gambar | Nama Gambar | Halaman |
|--------------|---|---------|
| 2.1 | Sel Syaraf Biologis | 6 |
| 2.2 | Model Sel Syaraf Mc Culloch-Pitts | 7 |
| 2.3 | Multi Layer Perceptron | 8 |
| 3.1 | Diagram Blok Sistem Pengendalian | 16 |
| 3.2. | Arsitektur Neural Network | 18 |
| 3.3 | Fungsi Sigmoid pada Node 7 | 19 |
| 3.4 | Error Back Propagation | 20 |
| 3.5 | Error pada Node 10 | 21 |
| 3.6 | Error pada Node 7 | 22 |
| 3.7 | Pengendalian Sistem Bahan Bakar dengan Neural Network | 24 |
| 3.8 | Window Tampilan Interface | 25 |
| 4.1 | Diagram Alir Neural Network | 28 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|--------------------------|--|
| $t_j = r_j$ | : Output yang diinginkan (target) pada unit j. |
| w_{ij} | : Weight (bobot koneksi) yang menghubungkan unit i dan unit j. |
| $o_j = out_j$ | : Output pada unit j. |
| $\delta_j = cr_j$ | : Faktor kesalahan yang terjadi pada unit j. |
| $\eta_j = \text{beta}_j$ | : Parameter kecepatan belajar pada unit j (=0,05 [Freeman]). |
| f | : Fungsi sigmoid. |
| E | : Fungsi kesalahan. |
| net | : Tingkat aktivasi. |



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan sebuah kapal merupakan sebuah pekerjaan yang sangat kompleks dan rumit, karena selain pembangunan bangunan kapal itu sendiri, kapal juga memerlukan sistem penggerak beserta sistem-sistem bantu yang mendukung dan sistem-sistem lain untuk melayani pengoperasian kapal. Karena pentingnya sistem-sistem tersebut harus direncanakan sebaik mungkin. Kemudahan kontrol, operasi dan monitoring sistem permesinan yang baik menjadi pertimbangan yang besar dalam merencanakan instalasi sistem permesinan di kapal. Hal tersebut dilaksanakan dengan pertimbangan ekonomi dan keselamatan awak kapal, kapal dan muatannya.

Untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pengoperasian sistem permesinan dalam sebuah kapal, sekarang banyak digunakan sistem komputerisasi, baik untuk sistem monitoring, sistem pengendalian maupun untuk diagnosa kesalahan dan rencana perawatan peralatan. Hal tersebut tentu saja harus diimbangi dengan peningkatan sumber daya manusia yang trampil dan mampu mengoperasikan sistem baru tersebut.

Berdasarkan perkembangan teknologi komputer yang sangat pesat dan prosedur pengendalian, otomatisasi dan pengendalian jarak jauh serta sistem operasi yang terpadu telah banyak digunakan dalam sistem permesinan kapal. Dilain fihak dengan semakin terpadunya sistem tersebut menyebabkan semakin

kompleksnya sistem permesinan kapal, sehingga membutuhkan sistem pengendalian dibawah kondisi ketidakpastian yang semakin bertambah. Metode pengendalian klasik semakin dirasakan kurang mampu mengatasinya, sehingga dibutuhkan perbaikan lebih lanjut atau metode-metode baru. Metode baru ini diharapkan tidak lagi membutuhkan fungsi alih dari plant dan lingkungan kerja yang ideal.

Seperti diketahui pula bahwa khususnya untuk kapal-kapal dari negara-negara maju, jumlah anak buah kapal semakin berkurang sehingga kapal dioperasikan dan ditangani oleh operator yang kurang trampil atau dengan mempekerjakan anak buah kapal yang mempunyai kerja ganda yang tidak mempunyai pengetahuan yang cukup untuk menangani sistem permesinan tersebut. Padahal pengetahuan yang cukup dan ketrampilan dalam pemecahan masalah sangat diperlukan demi untuk keselamatan dan efisiensi kerja sistem tersebut, apalagi menurut [Ruxton, 1990] bahwa 20%-90% kecelakaan dikapal disebabkan karena faktor manusianya. Untuk menghindari resiko akibat hal-hal diatas, dibutuhkan suatu

sistem pengendalian terhadap sistem permesinan di kapal. Salah satunya adalah pengendalian tahapan pada sistem permesinan kapal.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah bagaimana mengendalikan tahapan yang ada pada sistem permesinan kapal PAX 500

dengan menggunakan neural network, untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja pada sistem permesinan kapal tersebut

1.3. Pembatasan Masalah

Untuk mempermudah pengerjaan tugas akhir ini akan diambil beberapa batasan masalah. Batasan masalah yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Tahapan sistem permesinan kapal adalah dari kondisi kapal berhenti sampai motor induk siap.
2. Tahapan sistem permesinan kapal yang dibahas adalah sistem bahan bakar pada salah satu motor induk kapal PAX 500.
3. Input sistem pengendalian adalah tekanan, temperatur dan viskositas bahan bakar.
4. Output sistem pengendalian telah ditentukan.
5. Tidak merencanakan perangkat keras.
6. Tidak membahas segi ekonomi

1.4. Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mendapatkan pemahaman tentang konsep dan cara kerja neural network.

2. Mempelajari konsep sistem pengendalian berbasis neural network dan mengembangkannya untuk mengendalikan tahapan pada sistem permesinan kapal PAX 500.
3. Menyusun program neural network untuk pengendalian tahapan pada sistem permesinan kapal PAX 500.

1.5. Metodologi

Prosedur yang dilakukan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah

1. Studi literatur sebagai landasan teori dan penguasaan masalah, yang meliputi konsep dasar Neural Network, pemilihan metode Neural Network, dan tahapan pada sistem permesinan kapal.
2. Studi lapangan untuk mendapatkan data-data tahapan pada sistem permesinan kapal PAX 500.
3. Merencanakan pengendalian tahapan pada sistem permesinan kapal PAX 500 dengan menggunakan neural network.
4. Menyusun program neural network untuk pengendalian untuk
5. pengendalian tahapan pada sistem permesinan kapal.
6. Membuat kesimpulan.

1.6. Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang diharapkan dengan diselesaikannya tugas akhir ini

adalah :

1. Menunjang pekerjaan operator dalam mengendalikan tahapan sistem permesinan kapal PAX 500.
2. Meningkatkan pengendalian terhadap sistem permesinan kapal sehingga dapat mendorong tercapainya full automation.

1.7. Sistematika Tugas Akhir

Dalam tugas akhir ini pembahasan dibagi dalam lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I. Pendahuluan, berisi: latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka, berisi: konsep dan cara kerja neural network, konsep sistem pengendalian berbasis neural network dan prinsip dasar pengukuran listrik.

Bab III Rancangan Neural Network untuk Pengendalian Tahapan pada Sistem Permesinan Kapal PAX 500, berisi: rangkaian peralatan dan model matematis sistem pengendalian.

Bab IV Penyusunan Program Neural Network untuk Pengendalian Tahapan pada Sistem Permesinan Kapal PAX 500, berisi: flowchart dan program neural network.

Bab V Kesimpulan dan Saran.



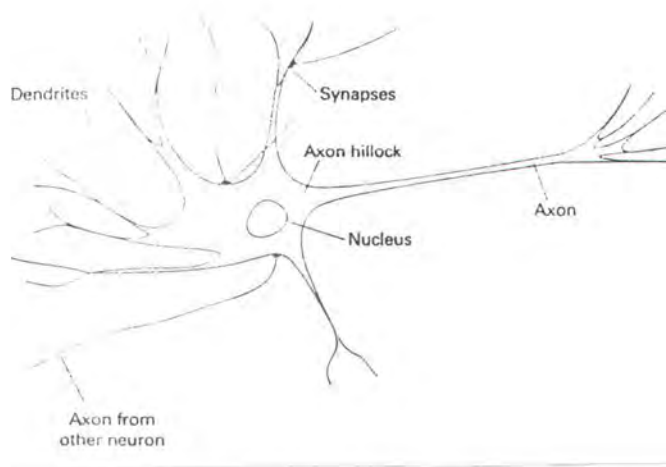
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Neural Network

Neural network dibentuk berdasarkan cara kerja otak manusia. Otak manusia tersusun atas berjuta-juta elemen yang disebut syaraf, yang saling berhubungan satu dengan lainnya. Diagram skematik dari sebuah sel syaraf biologis tampak pada gambar 2.1. Dari gambar terlihat bahwa informasi dari output syaraf-syaraf lainnya, dalam bentuk pulsa listrik, diterima oleh sel melalui synapsis. Synapsis berhubungan dengan dendrit, dan output akhir dari sel syaraf ini terjadi pada axon.



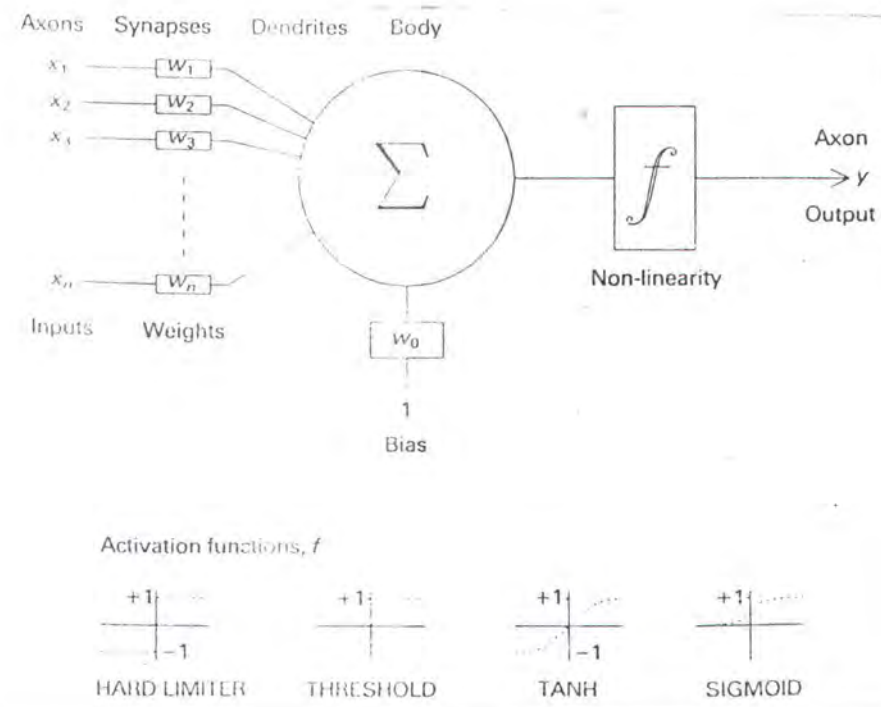
Gambar 2.1. Sel Syaraf Biologis

Neural network tersusun atas model sel-sel syaraf biologis yang saling berhubungan satu dengan lainnya, membentuk suatu jaringan. Model sel syaraf

yang digunakan merupakan penyederhanaan dari sel syaraf biologis yang sebenarnya. Ciri khas yang dimiliki oleh neural network adalah:

1. Dapat mengolah informasi yang masuk secara paralel.
2. Mempunyai kemampuan belajar (learning), dengan cara mengubah nilai bobot koneksi (weight).
3. Dapat menerima input baru yang belum pernah digunakan sebelumnya.
4. Kerusakan yang terjadi pada sebagian sambungan sinapsisnya tidak banyak mempengaruhi kerja sistem secara keseluruhan (bersifat fault tolerance).

2.2. Model Syaraf Tiruan



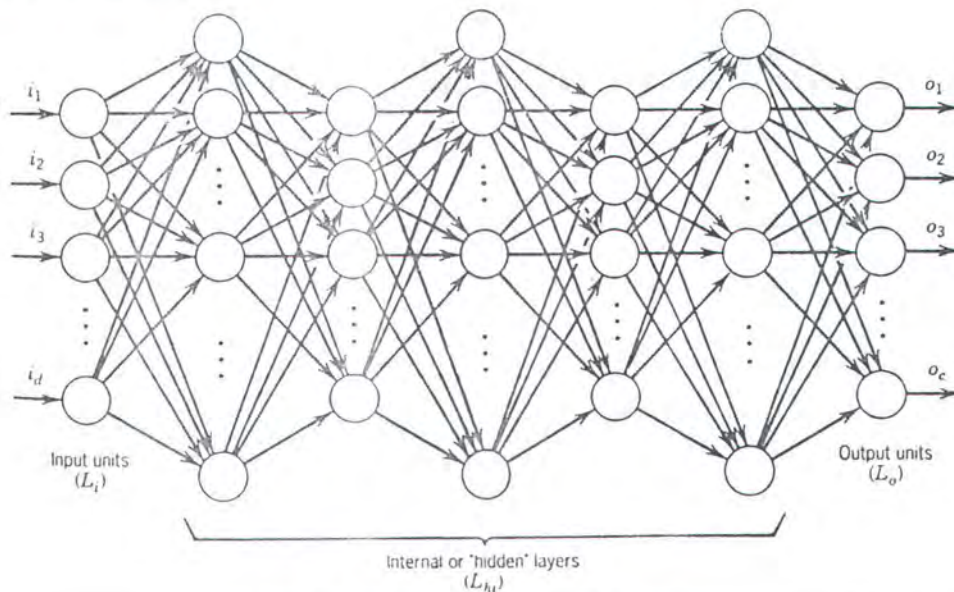
Gambar 2.2. Model Sel Syaraf Mc Culloch-Pitts

Model syaraf yang paling banyak digunakan adalah model syaraf tiruan yang dibuat oleh Mc Culloch dan Pitts pada tahun 1943, seperti tampak pada gambar 2.2. Tiap-tiap input, $x_1 - x_n$, mempunyai bobot koneksi (w) sebesar $w_1 - w_n$. Nilai bias (w_0) adalah konstan, yaitu 1. Sedangkan output, y , merupakan fungsi aktivasi dari jumlah perkalian masing-masing input dengan bobot koneksinya. Sedangkan hubungan antara output dengan input diberikan oleh persamaan 2.1.

$$y = f(\sum w_i x_i + w_0) \quad (2.1)$$

2.3. Multi Layer Perceptron

Susunan neural network yang paling banyak digunakan adalah multi layer perceptron (MLP).



Gambar 2.3. Multi Layer Perceptron

Jaringan ini terdiri dari input layer, sejumlah hidden layer (biasanya hanya satu atau dua hidden layer yang digunakan) dan output layer, seperti tampak pada gambar 2.3.

Aturan belajar yang sering digunakan dalam MLP ini adalah back propagation algorithm (algoritma propagasi balik).

2.4. Konsep Back Propagation

Operasi pada jaringan ini memiliki kemiripan dengan jaringan single layer perceptron, yaitu dengan membandingkan output yang dihasilkan dengan output yang diinginkan, yang dapat menyebabkan harga weight diubah sehingga jaringan memberikan output yang lebih akurat pada iterasi berikutnya.

Aturan belajar pada Multi layer perceptron sedikit lebih rumit dibandingkan dengan single layer perceptron. Disini diperlukan fungsi kesalahan yang menunjukkan perbedaan antara output sesungguhnya dengan output yang diharapkan. Karena diperlukan adanya pola acuan yang benar, tipe belajar ini termasuk dalam jenis belajar dalam pengawasan (supervised learning). Agar proses belajar dapat dikatakan berhasil, output jaringan diusahakan mendekati output yang dikehendaki, dengan kata lain harga fungsi kesalahan diturunkan secara kontinyu. Hal ini dapat dicapai dengan menyesuaikan harga weight pada hubungan antar unit sel, dengan cara menghitung fungsi kesalahan untuk tiap input, dan kemudian mempropagasikan kembali kesalahan tersebut dari satu layer

ke layer sebelumnya. Besarnya selisih antara bobot koneksi (weight) yang terjadi adalah:

$$\Delta w_{ji} = \eta \delta_j o_i \quad (2.2)$$

Jika unit j merupakan unit output, maka besarnya δ_j dihitung dengan

$$\delta_j = (t_j - o_j) f'(net_j) \quad (2.3)$$

dimana

$$net_j = \sum w_{ji} o_i \quad (2.4)$$

F adalah fungsi sigmoid, dan

$$o_j = f(net_j) = f(\sum w_{ji} o_i) \quad (2.5)$$

Jika unit j adalah unit hidden, maka besarnya δ_j adalah

$$\delta_j = f'_j(net_j) \sum \delta_k w_{kj} \quad (2.6)$$

Algoritma backpropagation akan memperkecil besarnya fungsi kesalahan

$$E = 0,5 \sum (t_j - o_j)^2 \quad (2.7)$$

$$\Delta w_{ji} = -\eta (\delta E / \delta w_{ji}) \quad (2.8)$$

$$\delta E / \delta w_{ji} = (\delta E / \delta o_j) (\delta o_j / \delta w_{ji}) \quad (2.9)$$

Jika j merupakan output unit, maka

$$\delta E / \delta o_j = -(t_j - o_j) \quad (2.10)$$

dan

$$\delta o_j / \delta w_{ji} = f'_j(net_j) o_i \quad (2.11)$$

Maka,

$$\begin{aligned} \delta E / \delta w_{ji} &= (\delta E / \delta o_j) (\delta o_j / \delta w_{ji}) \\ &= -(t_j - o_j) f'_j(net_j) o_i \end{aligned}$$

$$= -\delta_j o_i \quad (2.12)$$

Sehingga, kita mendapatkan

$$\Delta w_{ji} = \eta \delta_j o_i \quad (2.13)$$

Jika j adalah unit hidden dan t_j tidak diketahui, maka

$$\delta E / \delta o_j = \sum (\delta E / \delta o_k) (\delta o_k / \delta o_j) \quad (2.14)$$

Output k adalah

$$o_k = f \left(\sum w_{kj} o_j \right) \quad (2.15)$$

Jadi, $\delta o_k / \delta o_j$ dapat dinyatakan dengan

$$\delta o_k / \delta o_j = f'(\text{net}_k) w_{kj} \quad (2.16)$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \delta E / \delta o_j &= \sum_k (\delta E / \delta o_k) (\delta o_k / \delta o_j) \\ &= - \sum_k (t_k - o_k) f'(\text{net}_k) o_i \\ &= - \sum_k \delta_k w_{kj} \end{aligned} \quad (2.17)$$

Jadi,

$$\begin{aligned} \delta E / \delta w_{ji} &= (\delta E / \delta o_j) (\delta o_j / \delta w_{ji}) \\ &= -(\sum_k \delta_k w_{kj}) f'_j(\text{net}_j) o_i \\ &= -\delta_j o_i \end{aligned} \quad (2.18)$$

Sehingga, kita dapatkan

$$\Delta w_{ji} = \eta \delta_j o_i \quad (2.19)$$

2.5. Tahapan Sistem Permesinan Kapal

Terdapat beberapa langkah yang harus diambil sebelum menstart motor diesel, khususnya untuk pertama kali, yaitu:

- Pemeriksaan terhadap semua bagian yang bergerak dari mesin.
- Pemeriksaan seluruh mesin dan permesinan (kelonggaran mur, katup, sambungan-sambungan, dll).
- Pemeriksaan seluruh pipa dan katup untuk bahan bakar, minyak pelumas, air dan udara.
- Pemeriksaan lengkap terhadap sistem minyak pelumas untuk memastikan bahwa minyak pelumas terdapat pada setiap tempat yang memerlukan.
- Pemeriksaan terhadap sistem pendingin, dan jika pompanya digerakkan motor listrik, mereka harus distart.
- Sistem bahan bakar harus diperiksa untuk memastikan bahwa pipa bersih, pompa bekerja, dan terdapat bahan bakar didalam tangki.
- Pemeriksaan terhadap katup pengaman.
- Mesin harus diputar satu atau dua kali kalau telah lama tidak beroperasi.
- Udara start dalam tabung harus diperiksa untuk mengetahui apakah tekanannya cukup.
- Beban mesin harus diputuskan.

Jika segala persiapan telah dilakukan, maka dapat dilakukan start terhadap mesin. Setelah mesin start, sebelum dibebani, perlu dilakukan pemanasan terlebih

dahulu. Pada waktu pemanasan ini dilakukan pengawasan terhadap semua sistem pelayanan motor induk untuk memastikan sistem bekerja dengan baik.

2.6. Prinsip Dasar Pengukuran Listrik

Untuk menentukan nilai suatu besaran fisik dengan komputer, secara garis besar dilaksanakan dengan mentransfer besaran yang bersangkutan kedalam besaran listrik dengan skala atau faktor penguatan tertentu. Dalam pengukuran listrik kita dapat menterjemahkan berbagai macam keadaan baik berupa suhu, tekanan, putaran atau besaran yang lain.

Dalam pengukuran listrik dengan menggunakan komputer dibutuhkan beberapa komponen atau peralatan bantu yang mendukung, seperti: sensor, penguat dan konverter, disamping seperangkat komputer.

Untuk lebih jelasnya akan diuraikan fungsi dan karakteristik yang harus dipenuhi dari komponen-komponen diatas.

1. Sensor

Problem utama dalam pengukuran listrik yang harus diperhatikan adalah mengubah besaran fisik, misalnya temperatur, gaya, putaran dan sebagainya menjadi besaran listrik yang proporsional. Pengubah besaran fisik kedalam besaran listrik tersebut adalah sensor. Agar akurasi pengukuran dapat diandalkan maka sensor harus memenuhi hal-hal sebagai berikut:

-Linearitas

Yaitu konversi yang dihasilkan harus benar-benar proporsional, jadi karakteristik konversi harus memenuhi persamaan linier. Misalnya pada pengukuran suhu, untuk sensor yang memberikan tegangan 10 mV setiap kenaikan 1 K, maka pada temperatur 100 K sensor harus memberikan output tegangan sebesar 1 V dan pada suhu 150 K akan memberikan output tegangan 1,5 V. Demikian halnya untuk sensor-sensor yang digunakan untuk pengukuran besaran fisik yang lain.

- Sensitifitas

Sensitifitas sensor harus dipilih sedemikian rupa sehingga diperoleh tegangan yang cukup besar untuk masukan-masukan yang diinginkan. Dengan kata lain dapat memenuhi range besaran yang terjadi pada obyek yang disensor.

- Waktu reaksi yang cepat

Waktu reaksi adalah waktu tanggap yang diperlukan sensor untuk mencapai nilai akhirnya. Pada suatu nilai masukan yang berubah, output juga harus berubah. Jadi, sensor harus dapat berubah memberikan nilai secara cepat bila sewaktu-waktu nilai masukan sensor tersebut berubah.

- Stabilitas output terhadap waktu

Sensor harus mempunyai stabilitas output yang baik, artinya sensor harus memberikan nilai output yang tetap pada suatu input yang tetap pula dalam jangka waktu yang lama.

2. Penguat (amplifier)

Untuk dapat diproses lebih lanjut, maka hasil keluaran sensor harus dikuatkan. Dalam tahap ini, dilaksanakan oleh amplifier. Karakteristik amplifier yang harus diperhatikan adalah linearitasnya. Artinya harus mampu memberikan

faktor penguatan yang sama besarnya untuk setiap nilai masukannya (output sensor).

3. A/D Converter dan D/A Converter

Analog digital converter digunakan untuk mengubah besaran analog menjadi signal digital. Adapun proses konversinya salah satu diantaranya adalah dengan pendekatan bertingkat, dimana logika kendali terlebih dahulu mengambil nilai maximum register. Jika nilai ini lebih tinggi dari tegangan yang diukur, maka nilai awal akan diturunkan. Dengan jalan ini, bit-bit selanjutnya dibandingkan dengan nilai yang lebih rendah. Setiap clock pulsa akan menurunkan satu bit.

Sedangkan digital analog converter digunakan untuk mengubah signal digital menjadi besaran analog.

4. Interface

Suatu peralatan periferial seperti relay, motor, indikator, sensor dan sebagainya, bila akan dihubungkan dengan komputer maka dibutuhkan suatu penyesuai yang dikenal sebagai interface. Interface akan menyesuaikan keluaran peralatan periferial dengan input yang dibutuhkan oleh komputer, baik tegangan maupun arusnya.

5. Komputer (CPU)

Adalah sebagai pusat pengolah data. Data-data input akan diolah sedemikian rupa sehingga menghasilkan suatu tampilan yang menggambarkan suatu besaran analog dalam bentuk numeris ataupun grafis.



BAB III

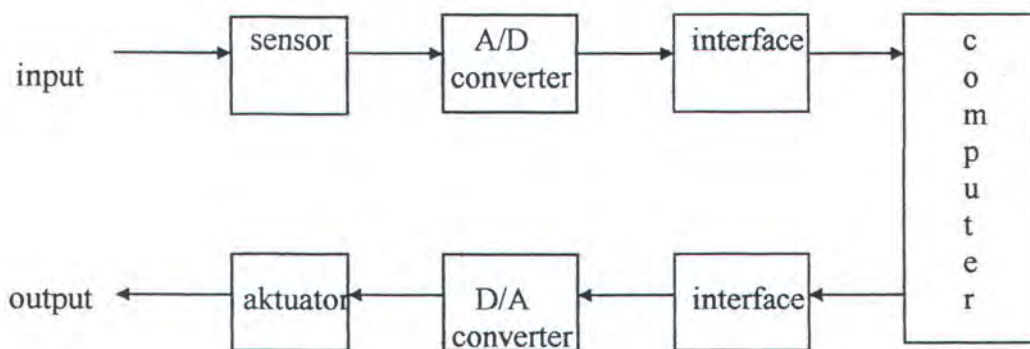
***RANCANGAN NEURAL NETWORK
UNTUK PENGENDALIAN TAHAPAN
PADA SISTEM PERMESINAN KAPAL
PAX 500***

BAB III

RANCANGAN NEURAL NETWORK UNTUK PENGENDALIAN TAHAPAN PADA SISTEM PERMESINAN KAPAL PAX 500

3.1. Rangkaian Peralatan Sistem Pengendalian

Diagram blok rangkaian peralatan sistem pengendalian yang direncanakan untuk pengendalian tahapan pada sistem permesinan kapal PAX 500 dapat dilihat pada gambar 3.1. dibawah ini.



Gambar 3.1. Diagram Blok Sistem Pengendalian

Input dari sensor, yang merupakan input dari neural network adalah tekanan, temperatur dan viskositas bahan bakar pada sistem bahan bakar di kapal PAX 500. Bagian sensor (tranduser) ini berfungsi untuk mengubah besaran fisik (tekanan, temperatur dan viskositas) menjadi tegangan listrik lemah. Untuk dapat diproses lebih lanjut, tegangan listrik lemah yang dihasilkan sensor tersebut harus

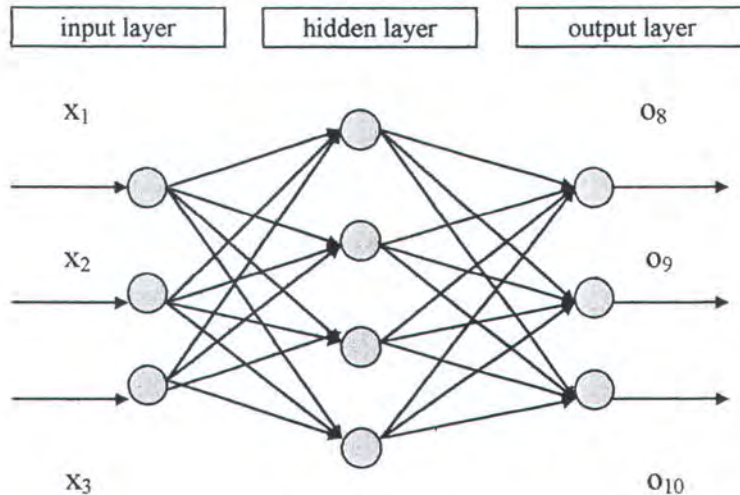
dikuatkan oleh amplifier atau penguat. Setelah tegangan menjadi cukup besar untuk diadakan analisa, maka bentuk analog tegangan output amplifier diubah menjadi signal digital dengan menggunakan A/D converter. Untuk menyesuaikan besarnya tegangan dan arus agar dapat diolah dalam komputer(CPU), signal digital akan dilewatkan pada interface.

Didalam komputer, sinyal keluaran dari interface akan diolah dengan neural network, dan hasilnya akan diubah menjadi bentuk analog oleh D/A converter yang akan digunakan untuk menggerakkan aktuator.

3.2. Model Matematis Sistem Pengendalian

Neural network yang digunakan untuk mengendalikn tahapan sistem permesinan kapal PAX 500, yang dalam tugas akhir ini diwakili oleh sistem bahan bakar, adalah struktur jaringan multi layer perceptron dengan algoritma back propagation, seperti tampak pada gambar 3.2. Jaringan terdiri dari tiga layer, yaitu input layer terdiri dari 3 node (simpul), hidden layer terdiri dari 4 node dan output layer terdiri dari 3 node

x_1 , x_2 dan x_3 masing-masing adalah parameter dari sistem bahan bakar, yaitu tekanan, temperatur dan viskositas bahan bakar. Ketiga parameter ini membentuk suatu pola tertentu yang akan dijadikan sebagai pola input dari jaringan. Sebelum dimasukkan kedalam jaringan, ketiga parameter ini terlebih dahulu diproses awal, yaitu dijadikan bilangan pecahan yang besarnya berada diantara 0 - 1.



Gambar 3.2. Arsitektur Neural Network

Ketiga parameter dari input layer akan dimasukkan kedalam hidden layer dengan bobot koneksi (weight) tertentu, sehingga menghasilkan output yang akan digunakan sebagai input oleh output layer. Jika y_4 , y_5 , y_6 dan y_7 adalah output pada hidden layer, maka

$$y_4 = f(w_{14}x_1 + w_{24}x_2 + w_{34}x_3 + w_0) \quad (3.1)$$

$$y_4 = f(w_{14}x_1 + w_{24}x_2 + w_{34}x_3 + w_0) \quad (3.2)$$

$$y_4 = f(w_{14}x_1 + w_{24}x_2 + w_{34}x_3 + w_0) \quad (3.3)$$

$$y_4 = f(w_{14}x_1 + w_{24}x_2 + w_{34}x_3 + w_0) \quad (3.4)$$

Dimana w adalah bobot koneksi yang menghubungkan node pada input layer ke node pada hidden layer. Karena output hidden layer merupakan fungsi sigmoid

(seperti tampak pada gambar 3.3.) maka persamaan diatas dapat ditulis sebagai berikut

$$y_4 = [1 + \exp (w_{14} x_1 + w_{24} x_2 + w_{34} x_3 + w_0)]^{-1} \quad (3.5)$$

$$y_5 = [1 + \exp (w_{15} x_1 + w_{25} x_2 + w_{35} x_3 + w_0)]^{-1} \quad (3.6)$$

$$y_6 = [1 + \exp (w_{16} x_1 + w_{26} x_2 + w_{36} x_3 + w_0)]^{-1} \quad (3.7)$$

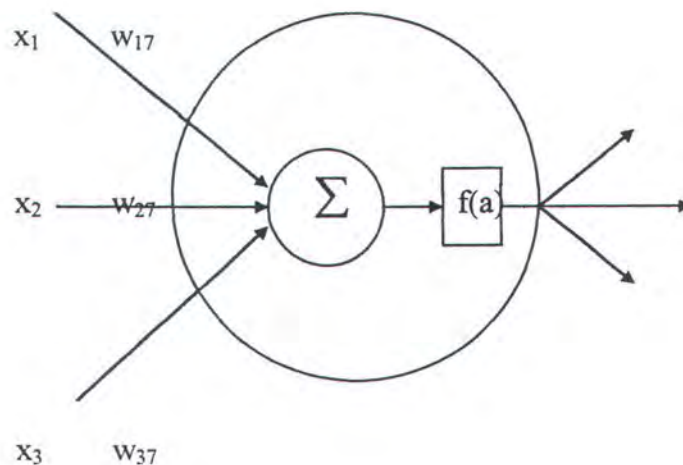
$$y_7 = [1 + \exp (w_{17} x_1 + w_{27} x_2 + w_{37} x_3 + w_0)]^{-1} \quad (3.8)$$

Didalam output layer, input dari hidden layer ini diolah kembali sehingga menghasilkan output yang juga merupakan output dari neural network. Jika o_8 , o_9 dan o_{10} merupakan output dari output layer, maka

$$o_8 = f (w_{48} y_4 + w_{58} y_5 + w_{68} y_6 + w_{78} y_7 + w_0) \quad (3.9)$$

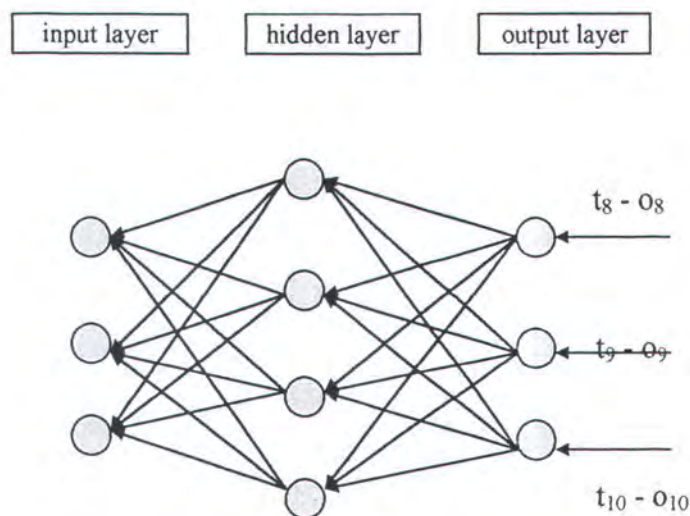
$$o_9 = f (w_{49} y_4 + w_{59} y_5 + w_{69} y_6 + w_{79} y_7 + w_0) \quad (3.10)$$

$$o_{10} = f (w_{410} y_4 + w_{510} y_5 + w_{610} y_6 + w_{710} y_7 + w_0) \quad (3.11)$$



Gambar 3.3. Fungsi Simoid pada Node 7

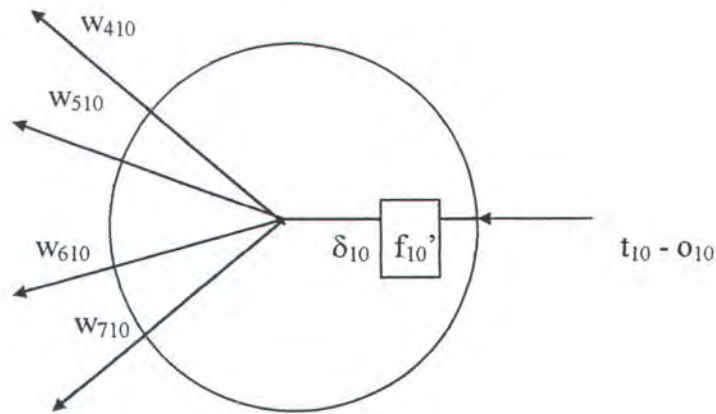
Jika output yang dihasilkan neural network tidak sesuai dengan output yang diharapkan (tekanan, temperatur dan viskositas bahan bakar yang diharapkan), maka akan diadakan koreksi terhadap bobot koneksi, seperti tampak pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Error Back Propagation

Dalam melakukan koreksi terhadap weight, dimulai dari layer terakhir, yaitu output layer (gambar 3.5.) menuju ke layer yang ada didepannya, yaitu hidden layer (gambar 3.6).

Pada output layer terjadi error sebesar selisih antara output yang terjadi dengan output yang diharapkan. Dan ini akan menyebabkan perubahan terhadap weight yang menghubungkan tiap node pada output layer ke tiap node pada hidden layer.



Gambar 3.5. Error pada Node 10

Jika t merupakan output yang diharapkan, maka faktor kesalahan yang terjadi pada output layer adalah

$$\delta_8 = k o_8 (1 - o_8) (t_8 - o_8) \quad (3.12)$$

$$\delta_9 = k o_9 (1 - o_9) (t_9 - o_9) \quad (3.13)$$

$$\delta_{10} = k o_{10} (1 - o_{10}) (t_{10} - o_{10}) \quad (3.14)$$

Sedangkan besarnya bobot koneksi yang baru adalah

$$w_{48}' = w_{48} + \eta \delta_8 o_4 \quad (3.15)$$

$$w_{58}' = w_{58} + \eta \delta_8 o_5 \quad (3.16)$$

$$w_{68}' = w_{68} + \eta \delta_8 o_6 \quad (3.17)$$

$$w_{78}' = w_{78} + \eta \delta_8 o_7 \quad (3.18)$$

$$w_{49}' = w_{49} + \eta \delta_9 o_4 \quad (3.19)$$

$$w_{59}' = w_{59} + \eta \delta_9 o_5 \quad (3.20)$$

$$w_{69}' = w_{69} + \eta \delta_9 o_6 \quad (3.21)$$

$$w_{79}' = w_{79} + \eta \delta_9 o_7 \quad (3.22)$$

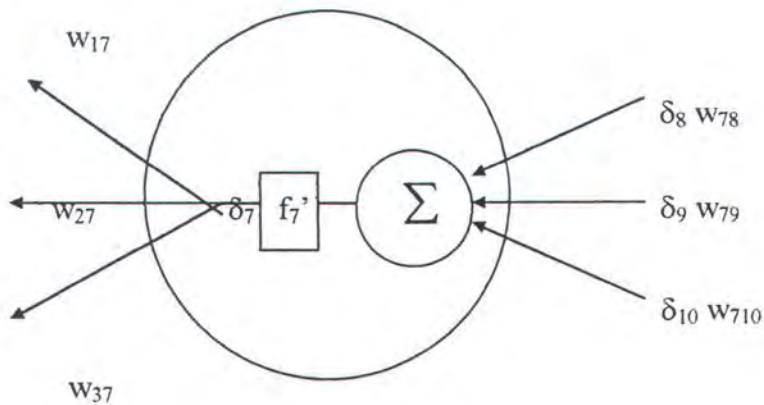
$$w_{410}' = w_{410} + \eta \delta_{10} o_4 \quad (3.23)$$

$$w_{510}' = w_{510} + \eta \delta_{10} o_5 \quad (3.24)$$

$$w_{610}' = w_{610} + \eta \delta_{10} o_6 \quad (3.25)$$

$$w_{710}' = w_{710} + \eta \delta_{10} o_7 \quad (3.26)$$

Pada hidden layer juga akan terjadi perubahan bobot koneksi yang menghubungkan hidden layer ke input layer. Hal ini disebabkan oleh perubahan bobot koneksi yang menghubungkan hidden layer ke output layer.



Gambar 3.6. Error pada Node 7

Faktor kesalahan yang terjadi pada unit hidden layer adalah sebagai berikut:

$$\delta_4 = k y_4 (1 - y_4) (\delta_8 w_{48} + \delta_9 w_{49} + \delta_{10} w_{410}) \quad (3.27)$$

$$\delta_5 = k y_5 (1 - y_5) (\delta_8 w_{48} + \delta_9 w_{49} + \delta_{10} w_{410}) \quad (3.28)$$

$$\delta_6 = k y_6 (1 - y_6) (\delta_8 w_{68} + \delta_9 w_{69} + \delta_{10} w_{610}) \quad (3.29)$$

$$\delta_7 = k y_7 (1 - y_7) (\delta_8 w_{78} + \delta_9 w_{79} + \delta_{10} w_{710}) \quad (3.30)$$

Sehingga besarnya weight yang baru adalah

$$w_{14}' = w_{14} + \eta \delta_4 x_1 \quad (3.31)$$

$$w_{24}' = w_{24} + \eta \delta_4 x_2 \quad (3.32)$$

$$w_{34}' = w_{34} + \eta \delta_4 x_3 \quad (3.33)$$

$$w_{15}' = w_{15} + \eta \delta_5 x_1 \quad (3.34)$$

$$w_{25}' = w_{25} + \eta \delta_5 x_2 \quad (3.35)$$

$$w_{35}' = w_{35} + \eta \delta_5 x_3 \quad (3.36)$$

$$w_{16}' = w_{16} + \eta \delta_6 x_1 \quad (3.37)$$

$$w_{26}' = w_{26} + \eta \delta_6 x_2 \quad (3.38)$$

$$w_{36}' = w_{36} + \eta \delta_6 x_3 \quad (3.39)$$

$$w_{17}' = w_{17} + \eta \delta_7 x_1 \quad (3.40)$$

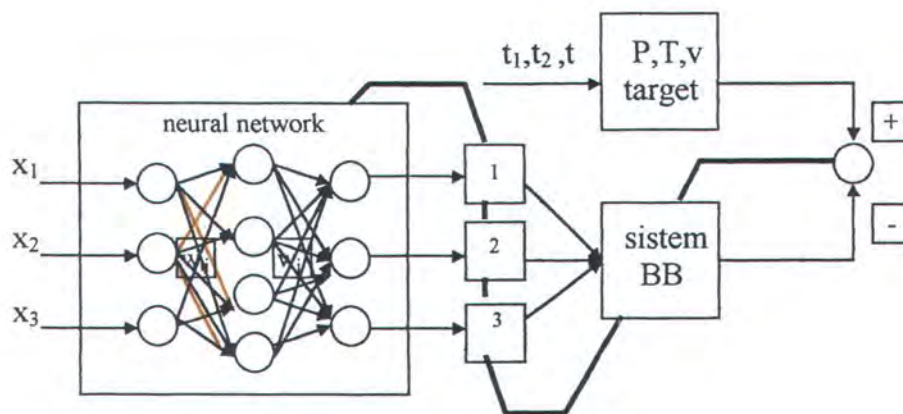
$$w_{27}' = w_{27} + \eta \delta_7 x_2 \quad (3.41)$$

$$w_{37}' = w_{37} + \eta \delta_7 x_3 \quad (3.42)$$

Perubahan ini akan terjadi secara terus-menerus (iterasi) sampai output yang terjadi sama dengan output yang diharapkan.

3.3. Pengendalian Sistem Bahan Bakar dengan Neural Network

Pengendalian terhadap sistem bahan bakar dilakukan dengan mengatur besarnya tekanan, temperatur dan viskositas bahan bakar, seperti tampak pada gambar 3.7. Ketiga input neural network ini akan dibandingkan dengan tekanan, temperatur dan viskositas bahan bakar yang disyaratkan oleh instruction manual.



Gambar 3.7. Pengendalian Sistem Bahan Bakar dengan Neural Network

Jika besarnya tekanan, temperatur dan viskositas bahan bakar tidak sesuai dengan tekanan, temperatur dan viskositas yang diinginkan, neural network akan melakukan aksi sebagai berikut:

- Jika tekanan bahan bakar lebih besar dari pada tekanan yang diinginkan, **neural network** akan membuka katup pengatur tekanan.
- Jika temperatur bahan bakar lebih besar dari pada temperatur yang diinginkan, **neural network** akan mengurangi suplai uap didalam heater.

- Jika viskositas bahan bakar lebih besar dari pada viskositas yang diinginkan, neural network akan menambah suplai uap didalam heater.
- Jika tekanan bahan bakar lebih kecil dari pada tekanan yang diinginkan, neural network akan menutup katup pengatur tekanan.
- Jika temperatur bahan bakar lebih kecil dari pada temperatur yang diinginkan, neural network akan menambah suplai uap didalam heater.
- Jika viskositas bahan bakar lebih kecil dari pada viskositas yang diinginkan, neural network akan mengurangi suplai uap didalam heater.

Seperti pada kapal sesungguhnya, sistem permesinan kapal dikendalikan dalam kamar pusat pengendalian dimana terpasang ratusan panel dan button. Didalam studi ini digunakan sistem grafik yang mensimulasikan konsol pengendalian sesungguhnya untuk sistem permesinan.

| | | |
|---------------------|----------|-----------|
| | | |
| Tampilan Grafik (A) | | P,T,v (B) |
| Diagnosis (C) | Aksi (D) | |
| | | |
| | | |

Gambar 3.8. Window Tampilan Interface

Didalam grafik interface ini, seperti terlihat pada gambar 3.8., dibagi kedalam beberapa window, yaitu:

- A. Window untuk menampilkan grafik subsistem dari sistem permesinan kapal (diagram sistem bahan bakar).
- B. Window untuk menampilkan besarnya tekanan, temperatur dan viskositas bahan bakar.
- C. Window untuk menampilkan kesalahan yang terjadi, yaitu: tekanan terlalu tinggi, temperatur terlalu tinggi, viskositas terlalu tinggi, tekanan terlalu rendah, temperatur terlalu rendah atau viskositas terlalu rendah.
- D. Window untuk menampilkan aksi yang akan dilakukan neural neural network jika terjadi kesalahan, yaitu: membuka katup pengatur tekanan, membuka katup suplai uap dalam heater, menutup katup pengatur tekanan atau menutup katup suplai uap dalam heater.



BAB IV
PENYUSUNAN PROGRAM
NEURAL NETWORK
UNTUK PENGENDALIAN TAHAPAN
PADA SISTEM PERMESINAN
KAPAL PAX 500

BAB IV

PENYUSUNAN PROGRAM NEURAL NETWORK UNTUK PENGENDALIAN TAHAPAN PADA SISTEM PERMESINAN KAPAL PAX 500

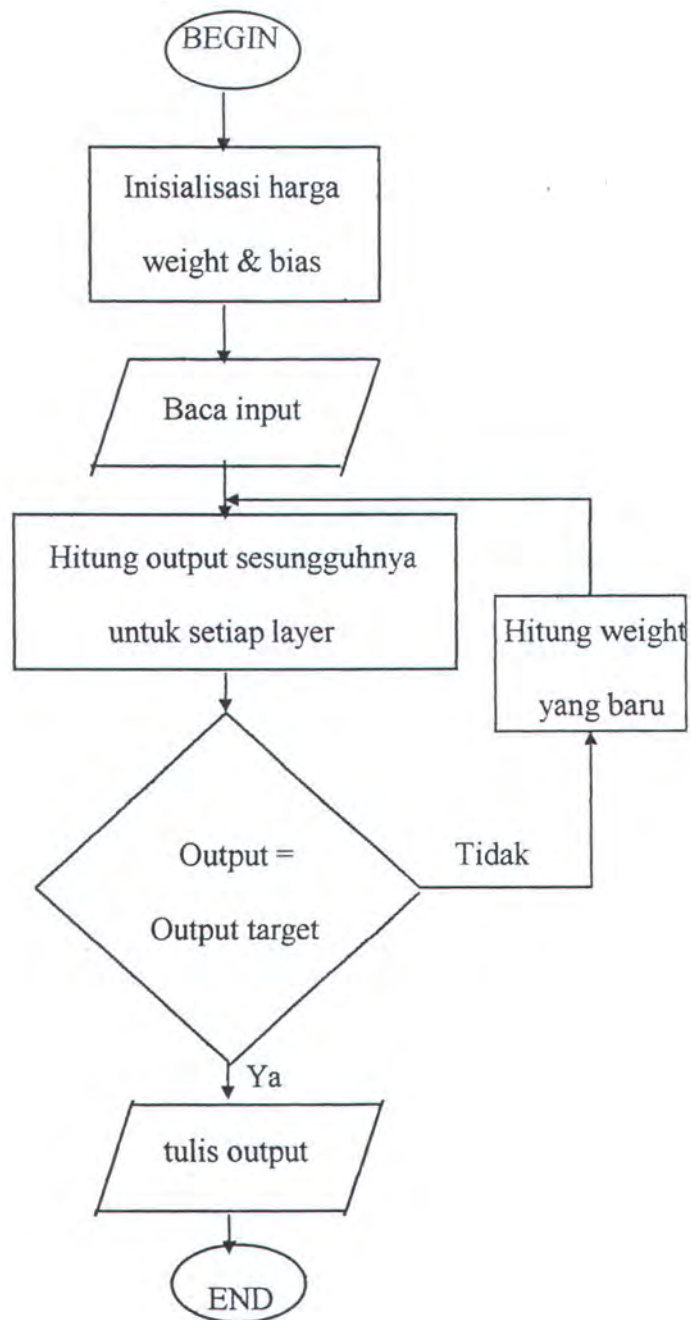
4.1. Diagram Alir Program Neural Network

Dari model matematis neural network yang telah direncanakan pada bab sebelumnya, kita dapat menyimpulkan cara kerja neural network menjadi seperti berikut ini :

- Inisialisasi harga weight (bobot koneksi) dan bias dengan harga kecil dan random.
- Menghitung tingkat aktivasi pada hidden dan output unit.
- Menghitung output pada hidden dan output unit yang merupakan fungsi sigmoid dari tingkat aktivasi.
- Melakukan pelatihan weight.

Untuk mempermudah dalam pembuatan suatu program, perlu dibuat terlebih dahulu suatu diagram alir. Diagram alir terdiri dari tanda-tanda yang mempunyai arti tertentu, seperti untuk menyatakan awal sebuah program, perintah untuk membaca data, perintah untuk menuliskan keluaran, proses, dan sebagainya, yang berfungsi untuk mengetahui jalannya program.

Berikut ini adalah diagram alir untuk pembuatan program neural network yang akan digunakan untuk mengendalikan sistem bahan bakar:



Gambar 4.1. Diagram Alir Neural Network

4.2. Program Neural Network

Dari diagram alir yang telah dibuat diatas dapat disusun suatu program neural network yang akan dapat mengendalikan tekanan, temperatur dan viskositas bahan bakar dari sistem bahan bakar, seperti terlihat dibawah ini:

{PROGRAM BACK PROPAGATION}

{Variabel-variabel:

w - bobot koneksi (weight)

act - tingkat aktivasi

out - output saraf

cr - faktor kesalahan

beta - faktor penguatan=0.05

mse - kesalahan rata-rata kuadrat

r - output yang diinginkan}

uses crt,graph;

var

w04,w05,w06,w07 :real;

w08,w09,w10 :real;

w14,w15,w16,w17 :real;

w24,w25,w26,w27 :real;

w34,w35,w36,w37 :real;

w48,w58,w68,w78 :real;

w49,w59,w69,w79 :real;

w410,w510,w610,w710 :real;

act4,act5,act6,act7 :real;

out4,out5,out6,out7 :real;

act8,act9,act10 :real;

out8,out9,out10 :real;

cr4,cr5,cr6,cr7 :real;

cr8,cr9,cr10 :real;

beta,r8,r9,r10 :real;

error8,error9,error10 :real;

mse8,mse9,mse10,itors :real;

i,y :integer;

in1,in2,in3 :real;

begin

clrscr;

write('Tekanan Bahan Bakar = '); readln(in1);

write('Temperatur Bahan Bakar = '); readln(in2);

write('Viskositas Bahan Bakar = '); readln(in3);

write('Tekanan BB yang diinginkan = '); readln(r8);

write('Temperatur BB yang diinginkan= '); readln(r9);


```
write('Viskositas BB yang diinginkan= '); readln(r10);  
writeln;
```

```
repeat
```

```
repeat
```

```
repeat
```

```
randomize;
```

```
w04:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w05:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w06:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w07:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w14:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w15:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w16:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w17:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w24:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w25:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w26:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w27:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w34:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w35:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w36:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
w37:=random(1000)/100.0-5.0;  
w48:=random(1000)/100.0-5.0;  
w58:=random(1000)/100.0-5.0;  
w68:=random(1000)/100.0-5.0;  
w78:=random(1000)/100.0-5.0;  
w49:=random(1000)/100.0-5.0;  
w59:=random(1000)/100.0-5.0;  
w69:=random(1000)/100.0-5.0;  
w79:=random(1000)/100.0-5.0;  
w410:=random(1000)/100.0-5.0;  
w510:=random(1000)/100.0-5.0;  
w610:=random(1000)/100.0-5.0;  
w710:=random(1000)/100.0-5.0;
```

```
act4:=w14*in1+w24*in2+w34*in3+w04;
```

```
out4:=1.0/(1.0+exp(-act4));
```

```
act5:=w15*in1+w25*in2+w35*in3+w05;
```

```
out5:=1.0/(1.0+exp(-act5));
```

```
act6:=w16*in1+w26*in2+w36*in3+w06;
```

```
out6:=1.0/(1.0+exp(-act6));
```

```
act7:=w17*in1+w27*in2+w37*in3+w07;
```

```
out7:=1.0/(1.0+exp(-act7));
```

```
act8:=w48*out4+w58*out5+w68*out6+w78*out7+w08;
```

```
out8:=1.0/(1.0+exp(-act8));  
act9:=w49*out4+w59*out5+w69*out6+w79*out7+w09;  
out9:=1.0/(1.0+exp(-act9));  
act10:=w410*out4+w510*out5+w610*out6+w710*out7+w10;  
out10:=1.0/(1.0+exp(-act10));  
error8:=r8-out8;  
error9:=r9-out9;  
error10:=r10-out10;  
  
cr8:=error8*out8*(1.0-out8);  
cr9:=error9*out9*(1.0-out9);  
cr10:=error10*out10*(1.0-out10);  
w08:=w08+(0.05*cr8);  
w09:=w09+(0.05*cr9);  
w10:=w10+(0.05*cr10);  
w48:=w48+(0.05*cr8*out4);  
w58:=w58+(0.05*cr8*out5);  
w68:=w68+(0.05*cr8*out6);  
w78:=w78+(0.05*cr8*out7);  
w49:=w49+(0.05*cr9*out4);  
w59:=w59+(0.05*cr9*out5);  
w69:=w69+(0.05*cr9*out6);  
w79:=w79+(0.05*cr9*out7);
```


$$w410:=w410+(0.05*cr10*out4);$$

$$w510:=w510+(0.05*cr10*out5);$$

$$w610:=w610+(0.05*cr10*out6);$$

$$w710:=w710+(0.05*cr10*out7);$$

$$cr4:=(w48*cr8+w49*cr9+w410*cr10)*out4*(1.0-out4);$$

$$cr5:=(w58*cr8+w59*cr9+w510*cr10)*out5*(1.0-out5);$$

$$cr6:=(w68*cr8+w69*cr9+w610*cr10)*out6*(1.0-out6);$$

$$cr7:=(w78*cr8+w79*cr9+w710*cr10)*out7*(1.0-out7);$$

$$w04:=w04+(0.05*cr4);$$

$$w05:=w05+(0.05*cr5);$$

$$w06:=w06+(0.05*cr6);$$

$$w07:=w07+(0.05*cr7);$$

$$w14:=w14+(0.05*cr4*in1);$$

$$w24:=w24+(0.05*cr4*in2);$$

$$w34:=w34+(0.05*cr4*in3);$$

$$w15:=w15+(0.05*cr5*in1);$$

$$w25:=w25+(0.05*cr5*in2);$$

$$w35:=w35+(0.05*cr5*in3);$$

$$w16:=w16+(0.05*cr6*in1);$$

$$w26:=w26+(0.05*cr6*in2);$$

```
w36:=w36+(0.05*cr6*in3);
```

```
w17:=w17+(0.05*cr7*in1);
```

```
w27:=w27+(0.05*cr7*in2);
```

```
w37:=w37+(0.05*cr7*in3);
```

```
until mse8<0.01;
```

```
until mse9<0.01;
```

```
until mse10<0.01;
```

```
writeln;
```

```
writeln('out8 = ',out8:1:2, 'out9 = ',out9:1:2, 'out10 = ',out10:1:2);
```

```
writeln(' w04 = ',w04:1:2, ' w14 = ',w14:1:2, ' w24 = ',w24:1:2,
```

```
    ' w34 = ',w34:1:2);
```

```
writeln(' w05 = ',w05:1:2, ' w15 = ',w15:1:2, ' w25 = ',w25:1:2,
```

```
    ' w35 = ',w35:1:2);
```

```
writeln(' w06 = ',w06:1:2, ' w16 = ',w16:1:2, ' w26 = ',w26:1:2,
```

```
    ' w36 = ',w36:1:2);
```

```
writeln(' w07 = ',w07:1:2, ' w17 = ',w17:1:2, ' w27 = ',w27:1:2,
```

```
    ' w37 = ',w37:1:2);
```

```
writeln(' w08 = ',w08:1:2, ' w48 = ',w48:1:2, ' w58 = ',w58:1:2,
```

```
    ' w68 = ',w68:1:2, ' w78 = ',w78:1:2);
```

```
writeln(' w09 = ',w09:1:2, ' w49 = ',w49:1:2, ' w59 = ',w59:1:2,
```

```
    ' w69 = ',w69:1:2, ' w79 = ',w79:1:2);
```

```
writeln(' w10 = ',w10:1:2, 'w410 = ',w410:1:2, ' w510 = ',w510:1:2,  
        'w610 = ',w610:1:2, 'w710 = ',w710:1:2);  
writeln('mse8 = ' ,mse8, 'mse9 = ' ,mse9, 'mse10 = ',mse10);  
readln;  
end.
```




BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan apa yang telah dikerjakan pada bab-bab terdahulu dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

- Neural network, sebagai salah satu kecerdasan buatan yang dibuat berdasarkan cara kerja jaringan syaraf pada otak manusia, dapat digunakan untuk sistem pengendalian, baik SISO, SIMO maupun MIMO.
- Neural network dapat diterapkan untuk mengendalikan tekanan, temperatur dan viskositas bahan bakar pada sistem bahan bakar di kapal PAX 500.
- Dengan cara yang sama, neural network akan dapat digunakan untuk mengendalikan seluruh tahapan yang ada pada sistem permesinan kapal PAX 500.

5.2. Saran

Dari studi untuk menerapkan neural network dalam mengendalikan tahapan pada sistem permesinan kapal PAX 500 ini penulis dapat memberikan saran sebagai berikut:

- Penggunaan neural network untuk sistem pengendalian terhadap permesinan kapal harus dilakukan secara lebih luas, karena tidak ekonomis jika hanya digunakan untuk mengendalikan tahapan pada permesinan kapal saja. Hal ini

disebabkan oleh mahalanya biaya untu pembangunan satu perangkat neural network.

- Perlu dikembangkan lebih lanjut untuk memanfaatkan neural network dibidang permesinan kapal, seperti untuk mengatur gerak kapal dengan cara mengatur propeller dan daun kemudi, untuk monitoring dan diagnosa terhadap peralatan permesinan di kapal, dan sebagainya.

Demikianlah tugas akhir ini kami susun, semoga dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun para pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. Bacon, P. J. Shayler, Potential for Engine Control Using Neural Networks, Proceeding IMechE, 1992.
2. Adedeji B. Badiru, Expert Systems Applications in Engineering and Manufacturing, Prentice Hall, New Jersey, 1992.
3. Agoes A. Masroeri, Sistem Monitoring Terpadu dalam Permesinan Kapal, Proceeding Seminar Sehari Mesin Diesel Kapal Putaran Tinggi, Kapasitas dan Aplikasinya, Surabaya, 1994.
4. Einar Lihovd, Magnus Rasmussen, Neural Network in Condition Monitoring and Diagnosis on Rotating Machinery.
5. G.F. Page, J.B. Gomm, D. Williams, Application of Neural Network to Modelling and Control, Chapman and Hall, New York, 1993.
6. James A. Freeman, David M. Skapura, Neural Network (Algorithms, Applications and Programming Techniques), Addison-Wesley Publishing Company, New York, 1991.
7. LiMin Fu, Neural Networks in Computer Intelligence, McGraw-Hill, Singapore, 1994.
8. Mark A. Terribile, Practical C++, McGraw-Hill, New York, 1994.
9. P. Insap Santosa, Pemrograman Pascal Tingkat Lanjut, Andi Offset, Yogyakarta, 1989.
10. Ramachandran Bharath, James Drosen, Neural Network Computing, McGraw-Hill, New York, 1994.

11. Roy L. Harrington, Marine Engineering, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, London, 1992.
12. R. Soegeng, Visualisasi Fisika dan Matematika Menggunakan Turbo Pascal, Andi Offset, Yogyakarta, 1993.
13. Stephen I. Gallant, Neural Network Learning and Expert Systems, The MIT Press, London, 1993.
14. Thomas Plum, Learning to Program in C, Prentice-Hall, New Jersey, 1983.
15. Zhang, G. E. Hearn & P. Sen, Neural Network Approaches to A Class of Ship Control Problems.

LAMPIRAN

2. Engine Plant, General.

Data yang akan kami tulis dibawah ini adalah sesuai dengan spesifikasi dari kapal PAX 500. Berikut ini adalah hal-hal yang umum mengenai engine plant adalah sebagai berikut :

- Engine Plant dikapal harus sesuai dengan peraturan klasifikasi atau rules.
- Instalasi dari main engine dan auxilery machinery serta asesoris dirancang sedemikian rupa untuk mempermudah pengangkutan atau memindahkan material jika terjadi perawatan dan reparasi sehingga mampu memperpendek waktu kerja.
- Special Tools dan perencanaan dari assembly dan disassembly main dan machinery ditempatkan pada tempat tertentu.
- Direncanakan juga efek dari getaran dan kebisingan yang timbul dari permesinan yang ada. Efek dari getaran dan kebisingan harus mendapat persetujuan ar klass atau rules.
- Getaran torsional yang terjadai pada poros propeller, harus diperhitungkan sebaik mungkin, dan mendapatkan persetujuan dari rules.
- Getaran torsional yang terjadi diporos propeller, harus mendapat persetujuan dari owner.
- Material dan instalasi harus disesuaikan dengan rules.

3. Main Engine.

Sistem penggerak kapal dari PAX 500 adalah sebagai berikut :

- 1) Dua buah engine single-acting, non-refersible, 4 langkah, medium speed diesel engine dengan turbo charge dan inter cooler.

- 2) Engine start dengan compressi udara dan menggunakan pendingin tertutup.
- 3) Engine menggunakan konsumsi bahan bakar marine diesel oil.

4. Diesel Generator Utama (Genset).

Sistem generating plant dari kapal PAX 500 adalah sebagai berikut :

- Jumlah : 4 buah
- Output : 425 KVA, 400 V, 50 Hz, 3 Phase.
- Type : CAT 3412 TA
- Rpm : 430 Kw
- Cylinder : V 12
- Bore : 137 mm
- Stroke : 152 mm
- SFOC : 220 g/kWh
- Langkah : 4 langkah

5. Emergency Diesel Generator.

Sistem emergency diesel generator set dari kapal PAX 500 adalah sebagai berikut :

- Jumlah : 1 buah
- Output : 156 KVA, 400 V, 50 Hz, 3 Phase
- Langkah : 4 langkah
- MR : 135 Kw
- Rpm : 1500 Rpm

Dari diesel generator untuk emergency tersebut menggunakan sistem pendingin air dan sistem pelumasan secara individu. Untuk sistem start menggunakan sistem secara

automatis. Berikut ini adalah beberapa sistem individu lain untuk emergency diesel generator adalah sebagai berikut :

- Fresh Cooling Water, pompa sirkulasi, radiator pendingin, cooling fan.
- Filter udara dan turbocharge.
- Flexsible coupling.
- Pompa bahan bakar, FO duplex filter, FO injection pump.
- LO pump, LO hand pump, LO cooler, LO filter.
- Electrical starter.
- Manometer, termometer, dan alarm kontak.
- Panel instrumen engine.
- Device and Pricision Regulator.

6. POMPA.

6.1.Material Pompa.

| | | |
|------------------|---------|------------------------|
| Sea Water Pump | casing | Bronze |
| | Impeler | NiAlBz |
| | Shaft | Stainless Steel |
| Fresh Water Pump | casing | Cast Iron |
| | Impeler | Bronze |
| | Shaft | Stainless Steel |
| LO Pump | casing | Cast Iron / Cast Steel |
| FO Pump | casing | Cast Iron / Cast Steel |
| | Shaft | Carbon Steel |
| Oil Water Pump | casing | Cast Iron |

| | | |
|-------------|---------|-------------------|
| Sewage Pump | Statpor | Sintetic Ruber |
| | Worm | Stainless Steel |
| | casing | Cast Iron |
| | Impeler | special Cast Iron |
| | Shaft | Stainless Steel |

6.2.Pompa Pendingin Air Laut dan Seachest.

Jumlah : 4 buah pompa (2 pompa utama dan 2 pompa stand by)

6.3.Fresh Water Cooling Pump.

- 2 buah fresh water circulation pump for main engine
- 2 buah fresh cooling water circulation stanby pump for main engine
- 2 buah fresh cooling water pump for main engine
- 4 buah fresh cooling water pump for auxiliary engine
- 2 buah fresh cooling water expansion tanks for main engine
- 4 buah cooling water expansion tanks for auxiliary engine

6.4.Sistem Bahan Bakar.

- 2 buah diesel oil transfer pump dengan type vertical screw pump
- 1 buah diesel oil transfer pump for tank of emergency diesel engine
- 4 buah fuel booster pump for main engine
- 1 buah dirty oil pump
- 1 buah sludge pump
- 2 buah FO double prefilter untuk main engine

| | |
|--------|--|
| 2 buah | FO double fine filter untuk main engine |
| 1 buah | FO double fine filter untuk aux diesel engine |
| 3 buah | FO meter for measuring the fuel oil consumption |
| 4 buah | FO booster pump for aux diesel engine |
| 2 buah | diesel FO purifier |
| 2 buah | FO heater, electric heated, indicator, safety valve, dan thermometer |
| 2 buah | separator |
| 2 buah | diesel FO settling tank |
| 2 buah | diesel FO service tank |
| 1 buah | FO tank for emergency engine |
| 1 buah | overflow tank |
| 1 buah | FO sludge tank |

6.5.Sistem Minyak Pelumas.

| | |
|--------|--|
| 2 buah | LO pump to main engine |
| 2 buah | LO pump for main engine, electrical pump |
| 2 buah | stem tube oil hand pump |
| 2 buah | LO cooler for main engine |
| 2 buah | LO separator |
| 2 buah | LO transfer pump, electric pump |
| 2 buah | LO heater, electric heater |
| 2 buah | timing unit control LO separator |
| 2 buah | duplex filter |

- 2 buah LO circulation tank for main engine
- 1 buah dirty tank
- 1 buah LO storage tank for main engine
- 1 buah LO storage tank for aux engine
- 2 buah LO service tank
- 2 buah stern tube oil gravity tank

6.6.Sistem Start.

- 3 buah high-pressure starting air compressor, water cooler type
- 2 buah starting receiver for main engine
- 1 buah starting receiver for aux engine
- 1 buah compressor air tyfon
- 1 buah control air dryer unit with filter, refrigerator, heat exchanger etc, automatic operated
- 1 buah emergency air compressor

6.7.Sistem Sanitary.

- 1 buah sanitary plant of hidropneumatic type, flushing water, sistem automatic
- 2 buah sanitary sea water pump
- 2 buah wash water discharge pump
- 1 buah wash water collecting tank for the laundry
- 1 buah incenerator unit
- 1 buah sludge oil mixing tank

6.8.Sistem Air Tawar.

- 1 buah fresh water plant of hidropneumatic type, drinking and washing water, automatic system
- 2 buah fresh water pump yang bekerja berdasarkan tekanan tangki
- 2 buah hot water calofliers dengan pemanasan electric
- 2 buah hot water circulating pump
- 2 buah UV sterilisasi

6.9.Sistem Pemadam Kebakaran.


- 2 buah pompa pemadam kebakaran
- 1 buah unit sprinkler sistem
- 1 buah unit CO₂ sistem

MAKAusgabe
Issue
5/94 cTechnische Daten
Technical Data

8 M 20

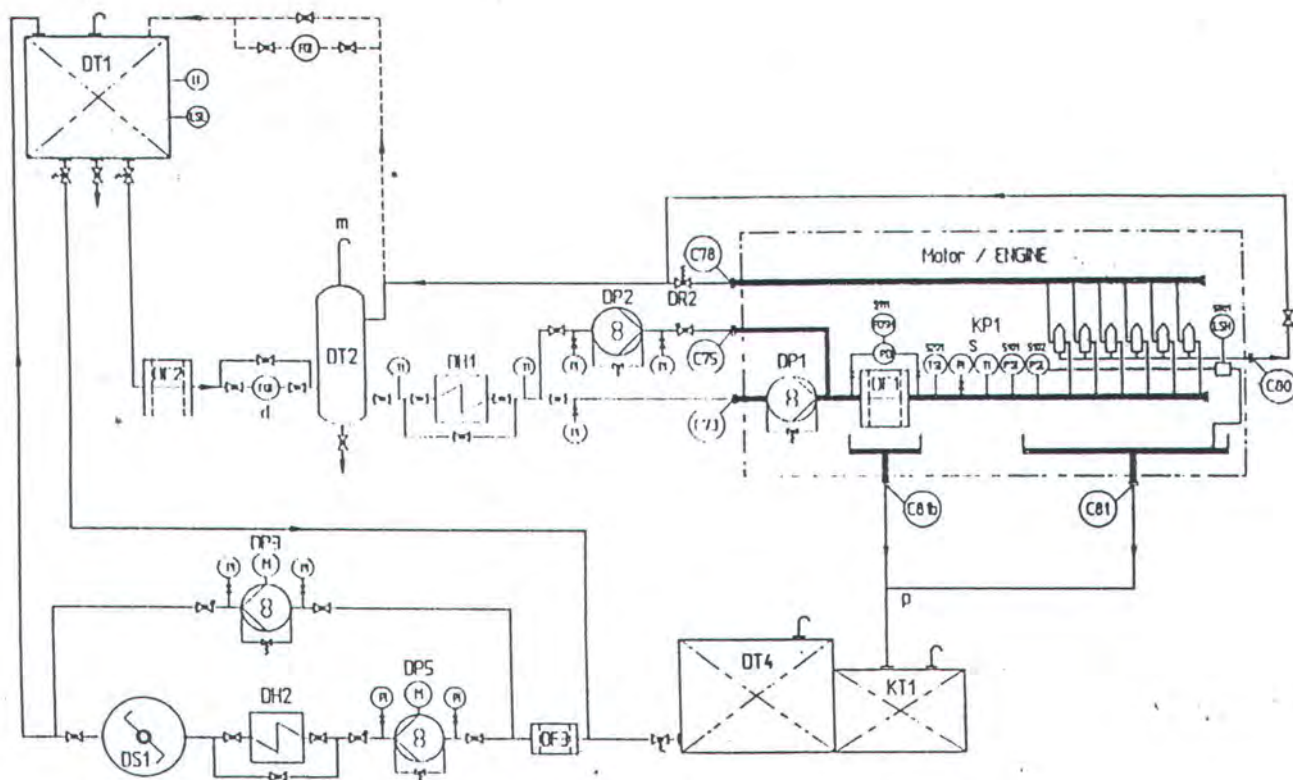
ME9113/1 MEV11

| | | | | P2=P1 | P2=P1 | |
|---------------|--|--|--|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Betriebsdaten | | | Performance Data | | | |
| c | Motordauerleistung nach ISO 3046/1 Motordrehzahl niedrigste Betriebsdrehzahl mittl. effektiver Druck Ladedruck | | Maximum continous rating acc. ISO 3046/1 Speed Minimum speed Break mean effektive pressure Charge air pressure | kW l/min l/min bar bar | 1240 900 280 21,93 2,6 | 1360 1000 300 21,7 2,9 |
| c | Kompressionsdruck | | Compression pressure | bar | 130 | 135 |
| c | Zünddruck | | Firing pressure | bar | 170 | 170 |
| c | Luftbedarf | | Combustion air demand | m ³ /h | 7750 | 8850 |
| c | Förderbeginn/Einspritzbeginn | | Delivery /injection timing | °v.OT | -/- | -/- |
| c | Abgastemp. am Zylinder / nach Turbine | | Exhaust gas temperature after cylinder / turbine | °C | 375/295 | 310/305 |
| a | Kraftstoffverbrauch 1) 100% | | Specific fuel oil consumption 100% | g/kWh | 185 | 189 |
| a | Propeller/n=const 1) 85% | | Propeller/ n=const 1) 85% | g/kWh | 186/186 | 188/188 |
| a | 75% | | 75% | g/kWh | 188/188 | 188/191 |
| a | 50% | | 50% | g/kWh | 195/195 | 194/199 |
| a | Schmierölverbrauch 2) | | Lubricating oil consumption 2) | g/kWh | 1,0 | 1,0 |
| | TurboLadertyp | | Turbocharger type | | K33 R4/2 | KBB R4/2 |
| Kraftstoff | | | Fuel | | | |
| | Leistung der angeb. Zubringerpumpe | | Engine driven booster pump | m ³ /h/bar | 0,60/3 | 0,66/3 |
| | Leistung der separaten Zubringerpumpe | | Stand-by booster pump | m ³ /h/bar | 0,58/3 | 0,58/3 |
| | Maschenweite MDO Feinfilter | | Mesh size MDO fine filter | mm | 0,015 | 0,015 |
| | Maschenweite HFO Automatik-Filter | | Mesh size HFO automatic filter | mm | 0,010 | 0,010 |
| | Maschenweite HFO Feinfilter | | Mesh size HFO fine filter | mm | 0,034 | 0,034 |
| | Düsenkühlung über Schmierölsystem | | Nozzle cooling by lubricating oil system | | | |
| Schmieröl | | | Lubricating oil | | | |
| b | Leistung der angeb. Druckpumpe | | Engine driven pump | m ³ /h/bar | 42,4/10 | 43/10 |
| b | Leistung der separaten Druckpumpe | | Independent pump | m ³ /h/bar | 36/8 | 36/8 |
| b | Betriebsdruck am letzten KW-Lager | | Working pressure at last main bearing | bar | 4-4,5 | 4-4,5 |
| b | Leistung der angeb. Saugpumpe | | Engine driven scavenge pump | m ³ /h/bar | - | 47/3 |
| b | Leistung der separaten Saugpumpe | | Independent scavenge pump | m ³ /h/bar | 47/3 | 47/3 |
| b | Vorschmierpumpe Druck/Sauge | | Priming pump pressure/ suck side | m ³ /h/bar | 8/5/10/3 | 8/5/10/3 |
| b | Inhalt Umlauf-tank/Naßsaumpf | | Sump tank content/ wet sump content | m ³ | 2,3/0,6 | 2,3/0,6 |
| b | Temperatur vor Motor | | Temperature at engine inlet | °C | 55-65 | 55-65 |
| b | Temperatur-Regler, NW | | Temperature controller NB | mm | - | - |
| b | Doppelfilter NW (MDO/HFO) | | Double filter NB (MDO/HFO) | mm | 65/65 | 65/65 |
| | Maschenweite Doppelfilter (MDO/HFO) | | Mesh size double filter (MDO/HFO) | mm | 0,034/0,08 | 0,034/0,08 |
| | Maschenweite Automatik-Filter HFO | | Mesh size automatic filter(HFO) | mm | 0,034 | 0,034 |

|  | | Ausgabe Issue 5/94 c | Technische Daten Technical Data | 8 M 20 | | |
|---|---|---|--|---|---|--|
| ME9113/2 MEV11 | | | | | | |
| Kühlwasser | | Fresh water cooling | | | | |
| A B A B | Wasserinhalt Motor FW- Druck an Motoreintritt min/max Inhalt des Ausgleichsbehälters FW-Temperatur nach Motor | | Engine content Pressure at engine inlet min/max Header tank capacity Temperature at engine outlet | m3 bar m3 °C | 0,15 2,5/5,0 0,1 70-80 | 0,15 2,5/5,0 0,1 70-80 |
| | 1 Kreis-System Leistung der angegeb. Kreisl. Pumpe Leistung der separaten Pumpe FW-Temperatur Ölkühler Eintritt HT/NT-Temperaturregler NW | | Standard cooling Engine driven pump Independent pump Temperature at oil cooler inlet HT/NT-Controller NB | m3/h/bar m3/h/bar °C mm | 32/3 25/3 36 65/65 | 32/3 25/3 36 65/65 |
| | Abzuführende Wärmemengen | | Heat Dissipation | | | |
| | spez. Wärmemenge aus Motorkühlwasser spez. Wärmemenge aus Schmieröl Wärmemenge im Schmierölkühler Wärmemenge Motorkühlwasser ----- Wärmemenge im 1-Stufigen LLK 3) Wärmemenge im 2-Stufigen LLK HT 3) Wärmemenge im 2-Stufigen LLK NT 3) (HT-Stufe vor Motor) | | Specific jacket water heat Specific lub.oil heat Lub.oil cooler Jacket water ----- Charge air cooler 3) Charge air cooler (HT-Stage) 3) Charge air cooler (LT-Stage) 3) (HT-Stage before engine) | kJ/kW kJ/kW MJ/h MJ/h ----- MJ/h MJ/h MJ/h | 750 490 608 930 ----- 1610 - - | 750 490 666 1020 ----- 1975 - - |
| Abgas | | Exhaust gas | | | | |
| Schalldämpfer/Funkenfänger NW 25dBA NW 35dBA Abgasleitung nach Turbine NW Maximaler Abgasgegendruck nach Turbine | | Silencer/spark arrester NB 25 dBA NB 35 dBA Pipe diameter NB after turbine Maximum exhaust gas pressure drop | | mm mm mm bar | 500/500 500/500 400 0,03 | 500/500 500/500 400 0,03 |
| Startluft | | Starting air | | | | |
| Startluftdruck (max.) Minimaler Startluftdruck (umst./nicht umst.) Luftverbrauch pro Start 4) | | Starting air pressure (max.) Minimum starting air pressure (revers./non rev.) Air consumption per Start 4) | | bar bar Nm3 | 30 -/- 1,0 | 30 -/- 1,0 |

- 1) EU = 42700 kJ/kg, Umgebungslufttemperatur 27°C,
Ladelufttemperatur 45°C, Toleranz 3%
2) Richtwert, Toleranz $\pm 0,3$ g/kWh
3) Ansauglufttemperatur 45°C
4) vorgewärmte Maschine

- 1) Reference conditions: LCV = 42700 kJ/kg, ambient temperature 27°C,
charge air temperature 45°C, tolerance 3%
2) Standard value, tolerance $\pm 0,3$ g/kWh
3) Charge air heat based on 45°C ambient temperature
4) preheated engine



Aggregate und Armaturen / ACCESSORIES AND FITTINGS

- DF1 Kraftstoff-Feinfilter (Doppelfilter) / FUEL FINE FILTER (DUPLEX FILTER)
 DF2 Kraftstoff-Vorfilter (Doppelfilter) / FUEL PRIMARY FILTER (DUPLEX FILTER)
 DF3 Kraftstoff-Grobfilter / FUEL COARSE FILTER
 DH1 Dieselloil-Anwärmer / DIESEL OIL PREHEATER
 DH2 Dieselloil-Vorwärmer (Separator) / ELECTRICAL PREHEATER FOR DIESEL OIL (SEPARATOR)
 DP1 Dieselloil-Zubringerpumpe / DIESEL OIL FEED PUMP
 DP2 Dieselloil-Reserve-Zubringerpumpe / DIESEL OIL STAND-BY FEED PUMP
 DP3 Dieselloil-Förderpumpe (zum Tagestank) / DIESEL OIL TRANSFER PUMP (TO DAY TANK)
 DP5 Dieselloil-Förderpumpe (Separator) / DIESEL OIL TRANSFER PUMP (SEPARATOR)
 DR2 Kraftstoff-Druckhalteventil / FUEL PRESSURE REGULATING VALVE
 DS1 Dieselloil-Separator / DIESEL OIL SEPARATOR
 DT1 Dieselloil-Tagestank / DIESEL OIL DAY TANK
 DT2 Dieselloil-Zwischentank / DIESEL OIL INTERMEDIATE TANK
 DT4 Dieselloil-Vorratstank / DIESEL OIL STORAGE TANK
 KP1 Kraftstoff-Einspritzpumpe / FUEL INJECTION PUMP
 KT1 Leckkraftstofftank / DRP FUEL TANK
 FI Kraftstoffmeßuhr / FLOW QUANTITY INDICATOR
 LI Niveaumanzeige / LEVEL INDICATOR
 LSH Niveaumschalter (Niveau zu hoch) / LEVEL SWITCH HIGH - (S30)
 LSL Niveaumschalter (Niveau zu niedrig) / LEVEL SWITCH LOW
 PI Differenzdruckanzeiger / DIFF. PRESSURE INDICATOR
 PSI Differenzdruckschalter (Druck zu hoch) / DIFF. PRESSURE SWITCH HIGH - (S11)
 P Manometer / PRESSURE INDICATOR
 TI Thermometer / TEMPERATURE INDICATOR

Allgemeine Hinweise

Lage, Abmessungen und Ausführung (z.B. elastische Verbindung) der Trennstellen siehe Motoreinbauzeichnung.

- DT2, DH1 entfällt bei:
 - Gasöl 7 cSt / 40°C
 - beheiztem Dieselloilagetank DT1

+ Rücklaufleitung bei Entfall von DT2, DH1

GENERAL NOTES

FOR LOCATION, DIMENSIONS AND DESIGN (E.G. FLEXIBLE CONNECTIONS OF THE DISCONNECTING POINTS SEE ENGINE INSTALLATION DRAWING.

- DT2, DH1 NOT REQUIRED WITH:
 - GASOIL 7 cSt / 40°C
 - HEATED DIESEL OIL DAY TANK DT1

+ RETURN PIPE IF SYSTEM WITHOUT DT2, DH1

Trennstellen / DISCONNECTING POINTS:

- C 73 Eintritt angebr. Kraftstoffpumpe / FUEL INLET, TO ENGINE FITTED PUMP
 C 75 Anschluß, Reservepumpe / CONNECTION, STAND-BY PUMP
 C 78 Austritt Sammelleitung / FUEL OUTLET
 C 80 Leckkraftstoffanschluß / DRP-FUEL CONNECTION
 C 81 Leckkraftstoffanschluß / DRP-FUEL CONNECTION
 C 8b Leckkraftstoffanschluß (Filterwanne) / DRP-FUEL CONNECTION (FILTERPAN)

Anmerkungen

- d Zulaufhöhe beachten
 m Entlüftung bis Oberkante Tagestank führen
 p freier Abfluß erforderlich
 s Die Ausführung der Überwachungsgeräte ist der Meßstellenliste zu entnehmen

Gasöl/MDO Betrieb

NOTES

- d TAKE CARE FOR FEEDING HEIGHT.
 m LEAD VENT PIPE BEYOND SERVICE TANK LEVEL.
 p FREE OUTLET REQUIRED.
 s PLEASE REFER TO THE MEASURING POINT LIST REGARDING DESIGN OF THE MONITORING DEVICES.

GASOIL/MDO OPERATION

Leistungsdefinition

Die von der Krupp MaK angegebene maximale Dauerleistung (Blockierte Leistung) bezieht sich auf folgende Bezugsbedingungen nach "IACS" (International Association of Classification Societies) für Haupt- und Hilfsmotoren:

Bezugsbedingungen nach IACS (Tropenbedingungen):

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Luftdruck | 100 kPa (1 bar) |
| Lufttemperatur | 318 K (45 °C) |
| relative Luftfeuchtigkeit | 60 % |
| Seewassertemperatur | 305 K (32 °C) |

Kraftstoffverbrauch

Die Kraftstoffverbrauchsangabe bezieht sich auf folgende Bezugsbedingungen:

| | |
|--|---------------|
| Ansaugtemperatur | 300 K (27 °C) |
| Ladelufttemperatur | 318 K (45 °C) |
| Ladeluftkühlmitteltemperatur | 298 K (25 °C) |
| unterer Heizwert des Dieselöls | 42700 kJ/kg |
| Toleranz der angegebenen Verbrauchswerte | 3 % |

Angabe der Kraftstoffverbrauchswerte ohne angebaute Pumpen, für jede angebaute Pumpe ist ein Mehrverbrauch von 1 % zu kalkulieren.

Output definition

The maximum continuous rating (locked output) stated by Krupp MaK refers to the following reference conditions according to "IACS" (International Association of Classification Societies) for main and auxiliary engines:

Reference conditions according to IACS (tropical conditions):

| | |
|----------------------|-----------------|
| air pressure | 100 kPa (1 bar) |
| air temperature | 318 K (45 °C) |
| relative humidity | 60 % |
| seawater temperature | 305 K (32 °C) |

Fuel consumption

The fuel consumption data refer to the following reference conditions:

| | |
|--|---------------|
| intake temperature | 300 K (27 °C) |
| charge-air temperature | 318 K (45 °C) |
| charge-air coolant inlet temperature | 298 K (25 °C) |
| net heating value of the Diesel oil | 42700 kJ/kg |
| tolerance of the stated consumption data | 3 % |

Specification of the fuel consumption data without fitted-on pumps; for each pump fitted on an additional consumption of 1 % has to be calculated.

Kraftstoff

Fuel

Zugelassen für MaK-Motoren sind grundsätzlich zwei Produktgruppen von Kraftstoffen:

In any case two fuel product groups are permitted for MaK engines:

Destillat-Kraftstoff und Schweröl

Distillate fuel and heavy fuel oil

Reine Destillate:

Pure distillates:

Gasöl, Marine Gas Öl, Diesekraftstoff

Gas oil, marine gas oils, diesel fuel

Destillate/Mischkraftstoffe:

Distillate/mixed fuels:

Marine Dieselöl (MDO), Marine Diesel Fuel (MDF), Diesel Fuel Oil

Marine diesel oil (MDO), marine diesel fuel (MDF), diesel fuel oil

Destillate/Mischkraftstoffe unterscheiden sich von den reinen Destillaten durch höhere Dichte, Schwefelgehalt und Viskosität.

The difference between distillate/mixed fuels and pure distillates are higher density, sulphur content and viscosity.

| | Gasöl/Gas Oil | | Marine Dieselöl/Marine Diesel Oil | |
|--|-----------------------------|---|-----------------------------------|---|
| | Bezeichnung/ Designation | Max Viskosität/ Max Viscosity [cSt/40 °C] | Bezeichnung/ Designation | Max Viskosität/ Max Viscosity [cSt/40 °C] |
| ISO 8217 | ISO F-DMA | 1,5 - 6,0 | ISO-F-DMB -DMC | 11 14 |
| British Standard 2869 ¹⁾ | Class A 1 Class A 2 | 6 | Class B 1 Class B 2 | 13 |
| ASTM D 975 ZB | Ho. 1 D No. 2 D | 2,4 4,1 | Ho. 2 D No. 4 D | 4,1 24,0 |
| DIN | DIN 51 601 | 8 | | |

¹⁾ Anpassung an ISO Norm zur Zeit in Bearbeitung/Adaption to ISO standard in preparation

Dieselölanlage

Max. Einspritzviskosität 12 cSt (2 °E)

Die angebaute Kreislaufpumpe fördert den Kraftstoff vom Tagestank zum Motor (Förderdaten siehe technische Daten im Anhang). Zum Schutz der Pumpe vor Verunreinigungen muß weitseitig ein Saugeschutzsieb mit Maschenweite 0,3 mm installiert werden. Das angebaute umschaltbare Doppelfilter hat eine Maschenweite von 0,015 mm.

Die Kraftstoffvorwärmung wird bei einer Viskosität > 7 cSt/40 °C erforderlich.

Dieselöl-Anwärmer

Heizleistung

$$Q \text{ [kW]} = \frac{P \text{ [kW]}}{166}$$

Q - Heizleistung/Heating capacity

P - Installierte Motorleistung/Installed engine power

Dieselöl-Zwischentank

inhalt: 50 l

Der Anwärmer und Zwischentank bei beheizbarem Tagestank nicht erforderlich.

Druckhalteventil

Siehe Schwerölsystem

Separator

Für Entfernung von Wasser wird ein Separator empfohlen (Gasöl-Betrieb). **Vorgeschrieben ist der Separator für den MDO-Betrieb.**

Separator-Vorwärmer

Grundlage zur Bestimmung der Heizleistung ist eine Temperaturerhöhung des zu reinigenden Kraftstoffes um 50 °C.

$$Q \text{ [kW]} = 6,0 \frac{P \text{ [kW]}}{1000}$$

Q - Erforderliche Heizleistung/Required heating capacity

P - Installierte Motorleistung/Installed engine power

Diesel oil system

Max. injection viscosity 12 cSt (2 °E)

The engine fitted circulating pump delivers the fuel from the day tank to the engine (delivery data cf. attached technical data). In order to protect the pump against contamination a suction strainer with a mesh size of 0.3 mm is to be installed by the shipyard. The fitted duplex filter of change over type features a mesh size of 0.015 mm.

Fuel preheating is required in case of viscosities > 7 cSt/40 °C.

Diesel oil preheater

Heating capacity

Diesel oil intermediate tank

Capacity 50 l

Preheater and intermediate tank not required with heated day tank.

Pressure regulating valve

See heavy fuel system

Separator

In order to remove water a separator is recommended (gasoil operation). **A separator is obligatory for MDO operation.**

Separator preheater

The determination of the heating capacity is based on a temperature rise of 50 °C of the fuel to be cleaned.

Fuel system

After a long break from service and/or before the initial operation with heavy and destillated fuels we recommend:

- Remove the fuel injectors A5.05.07.07.01.nn.
- Check the nozzles and opening pressure. See operating media A5.05.07.08.01.nn.

The rule is:

| | |
|-----------------|--------------------|
| heavy fuel | - cooled nozzles |
| distillate fuel | - uncooled nozzles |

If an engine equipped for heavy fuel, is to be only temporarily run on distillate fuel, it will not be necessary to fit uncooled nozzles.

The heat transfer from the nozzle to the cylinder head is so rapid that the nozzle tip temperature would be too low for the cooled type in distillate fuel operation. The nozzle life would be reduced to about 1000 hours by cold corrosion. We strongly recommend to use uncooled nozzles for the M 452/453 engines for a lengthy distillate fuel or MDO operation.

- Drain the day fuel tank, remove the sludge and refill.
- Clean the fuel filter see operating media A5.05.07.12.01.nn.
- Ensure that all cocks and valves are in the correct position.
- Vent the fuel system.

If the day tank is at a higher level and the pump has a bypass line: open the stop valve.

- Check for smooth operation of the control rack linkages:

Each individual control rack has movement in both directions so as to give perfect operation.

- Set all equipment parts of the fuel and nozzle cooling systems into the operating position.
- Switch the fuel circulating pump on and check the vent screws, flange connections and threaded pipe unions for leaks.

Additional preparation work for heavy fuel operation

(see relevant specifications for heavy fuel operation operating media A3.04. - fuel system)

- Switch on all necessary preheaters for the correct time.
- Switch the fuel circulation pump on.

The fuel temperature before the injection pumps is according to its viscosity (see "working temperatures of auxiliary equipment" operating media A1.06.).

Lubricating oil

- engine inlet 50 - 55 °C (50 - 60 °C) stationary engines
- temperature rise at rated output 10 - 20 °C

Fresh water circuit

- engine outlet 80 - 85 °C
- temperature rise at rated output 7 - 10 °C

Charge air

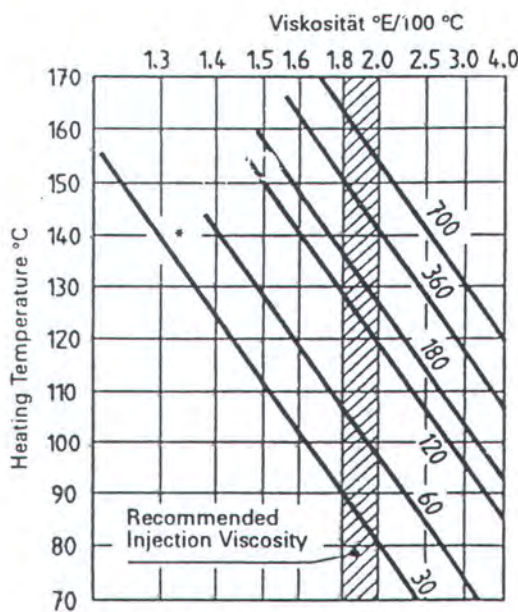
- engine inlet 45 - 60 °C *1

- Nozzle cooling 65 - 75 °C

- Distillate fuel 40 - 50 °C *2

Fuel before injection pumps

- heavy fuel viscosity centistokes at 50 °C *2



* Heavy fuel viscosity 30 cSt at 50 °C

- *1 Lowest available charge air temperature should be chosen. If water condenses in the charge air manifold, raise the temperature until this is avoided. The exhaust gas temperature after turbine must not exceed 420 °C with gas oil and 400 °C with heavy fuel. When running on low load with heavy fuel, the charge air temperature should be 60 - 75 °C.
- *2 The temperature must be set so that the viscosity before injection pumps is 1.8 - 2.0 E °E (marine diesel oil: below 1.8 °E). The heavy fuel oil temperature after the final preheater should be approx. 5 °C higher than before the injection pumps to compensate for the heat lost in the piping.

M452 / M453C

Lubricating oil

- at the last main bearing 3,0 - 3,5 bar
- at rated engine speed

Fresh water cooling $\geq 2,5$ bar

- if the pump is fitted on the engine 2 bar
- min. feed head at pump inlet 4 m. water gauge

Nozzle coolant

1,5 - 3,0 bar

Fuel at injection pump inlet

1,5 - 4,0 bar

Injection nozzle opening pressure

- take the applicable figures from the test bed certificate 300 bar

Control air

7,5 bar

Reversing air

12 - 15 bar

Starting air

12* - 30 bar

* minimum pressure for starting

LEMBAR KEMAJUAN Pengerjaan Tugas Akhir (TN 1701)

Nama : SUSANTO AGUSTINA
 NRP : 4294 100 008
 Judul Tugas Akhir : STUDI PENERAPAN NEURAL NETWORK DALAM
PENGENDALIAN TAHAPAN PADA SISTEM
PERMESINAN KAPAL PAX 500
 Dosen Pembimbing : 1) DR. Ir. AGOES A. MASROERI, MEng.
 2)

| No. | Tanggal | Kegiatan | Paraf Dosen |
|-----|----------|---|-------------|
| 1 | 3/4 '98 | Asistensi data Tugas Akhir | |
| 2 | 10/4 '98 | Asistensi Bab I (masalah, batasan masalah & sistematika) | |
| 3 | 17/4 '98 | Asistensi mengenai neural network | |
| 4 | 24/4 '98 | Asistensi mengenai aplikasi neural network untuk kontrol | |
| 5 | 8/5 '98 | Asistensi Bab II (dasar teori). | |
| 6 | 29/5 '98 | Asistensi Bab III (model matematis sistem pengendalian) | |
| 7 | 3/6 '98 | Asistensi Bab III (pengendalian sist. BB dgn NN) | |
| 8 | 2/7 '98 | Asistensi Bab IV (program neural network) | |
| 9 | 24/7 '98 | Asistensi Bab IV (program neural network) | |
| 10 | 31/7 '98 | Asistensi Kontrol sist BB, rangkaian peralatan & bab V | |
| 11 | 10/8 '98 | Asistensi keseluruhan TA + latihan presentasi. | |
| 12 | 11/8 '98 | Asistensi keseluruhan TA + transparan + latihan presentasi. | |
| | | | |
| | | | |

Catatan:

1. Mahasiswa siap / tidak siap / dibatalkan*) untuk diujikan.
2. Catatan lain yang dianggap perlu :

Surabaya, ...11... AGUSTUS 1998
 Dosen Pembimbing,

DR. Ir. AGOES A. MASROERI, MEng.
 NIP. 131 407 591

*) coret yang tidak perlu